

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI  
(c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

011730660    \*\*Image available\*\*  
WPI Acc No: 1998-147570/199814  
XREF Acc No: N98-116901

**High performance optical lens projection system used in microlithography  
- has each lens system telecentric on both ends with entrance and exit  
pupils situated at infinity for projecting image of first object onto  
second object**

Patent Assignee: NIKON CORP (NIKR )  
Inventor: KUDO S; SUENAGA Y  
Number of Countries: 020    Number of Patents: 003  
Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 828172	A1	19980311	EP 97114588	A	19970822	199814    B
JP 10079345	A	19980324	JP 96255505	A	19960904	199822
KR 98024145	A	19980706	KR 9739070	A	19970811	199926

Priority Applications (No Type Date): JP 96255505 A 19960904

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	-----	----	----------	--------------

EP 828172	A1	E	38	G02B-013/24	
-----------	----	---	----	-------------	--

Designated States (Regional): AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE

JP 10079345	A	16	H01L-021/027
-------------	---	----	--------------

KR 98024145	A		H01L-021/027
-------------	---	--	--------------

Abstract (Basic): EP 828172 A

The system comprises, in order from the first-object side a first lens group G1 having a positive power and a focal length f1, a second lens group G2 having a positive power and a focal length f2, a third lens group G3 having a negative power and a focal length f3, a fourth lens group G4 having a positive power and a focal length f4, a fifth lens group G5 having a negative power and a focal length f5, and a sixth lens group G6 having a positive power and a focal length f6.

The projection lens has an entrance pupil and an exit pupil, and exhibiting a projection magnification beta , and The projection lens system satisfying conditional expressions as follows,

Modulus En > L

Modulus Ex > Modulus L/ beta 1.0 < bfl/f1 < 1.5

0.04 < Modulus F3/L < 0.06

0.04 < Modulus f5/L < 0.06

0.6 < f6/f4 < 1.3

where L is an axial distance from the first object to the second object;

En is a distance from an axial vertex of a most first-objectwise lens surface of the lens system to the entrance pupil;

Ex is a distance from an axial vertex of a most second-objectwise lens surface of the lens system to the exit pupil;

and bfl is a distance from an axial vertex of a most second-objectwise lens surface of the first lens group to a rear focal point of the first lens group.

USE - For manufacturing semiconductor devices and displays such as liquid crystal displays.

ADVANTAGE - The lens systems exhibit excellent correction of the Petzval's sum to ensure image-surface evenness in a wide exposure region, favourable correction of all aberrations, and large numerical aperture for high projection resolution.

Dwg.2/11d

Title Terms: HIGH; PERFORMANCE; OPTICAL; LENS; PROJECT; SYSTEM; LENS;  
SYSTEM; TELECENTRIC; END; ENTER; EXIT; PUPIL; SITUATE; INFINITE; PROJECT;  
IMAGE; FIRST; OBJECT; SECOND; OBJECT

Derwent Class: P81; P84; U11

International Patent Class (Main): G02B-013/24; H01L-021/027

International Patent Class (Additional): G03F-007/20

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): U11-C04E1

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-79345

(43)公開日 平成10年(1998)3月24日

(51)Int.Cl. <sup>4</sup>	識別記号	片内記載番号	P1	技術表示箇所
H01L 21/027			H01L 21/30	515D
G03F 7/20	521		G03F 7/20	521
			H01L 21/30	516A

特許請求 未請求 請求項の数 8 FD (全 16 頁)

(21)出願番号 特願平9-255505  
 (22)出願日 平成8年(1996)9月4日

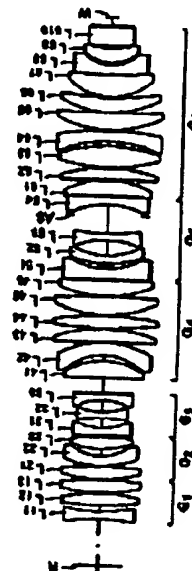
(71)出願人 000004112  
 株式会社ニコン  
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
 (72)発明者 工藤 慎太郎  
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内  
 (72)発明者 末永 豊  
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内  
 (74)代理人 弁理士 藤野 克彦

(54)【発明の名称】 投影光学系及び露光装置

## (57)【要約】

【課題】入射瞳と射出瞳をほぼ無限遠に位置させるいわゆる両側テレセントリックな光学系としながらも、広い露光範囲での像面平坦性を確保するためのベッツバール和の補正と、微細なパターンを高解像に転写するための大きいNAの光束に対する収差の良好な補正との両立を実現させることのできる高性能な投影光学系を提供する。

【解決手段】第1物体Rの像を第2物体W上に投影する投影光学系Pにおいて、第1物体R側から順に、正のパワーの第1レンズ群G<sub>1</sub>と、正のパワーの第2レンズ群G<sub>2</sub>と、負のパワーの第3レンズ群G<sub>3</sub>と、正のパワーの第4レンズ群G<sub>4</sub>と、負のパワーの第5レンズ群G<sub>5</sub>と、正のパワーの第6レンズ群G<sub>6</sub>とを有し、且つ所要の条件を満足することを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】第1物体の像を第2物体上に投影する投影光学系において、

前記第1物体側から順に、正のパワーの第1レンズ群と、正のパワーの第2レンズ群と、負のパワーの第3レンズ群と、正のパワーの第4レンズ群と、負のパワーの第5レンズ群と、正のパワーの第6レンズ群とを有し、且つ以下の各条件を満足することを特徴とする投影光学系、

$$|E_1| > L \quad (1)$$

$$|E_1| > |L/\beta| \quad (2)$$

$$1.0 < b f_1 / f_2 < 1.5 \quad (3)$$

$$0.04 < |f_1 / L| < 0.06 \quad (4)$$

$$0.04 < |f_1 / L| < 0.06 \quad (5)$$

$$0.6 < f_1 / f_2 < 1.3 \quad (6)$$

但し、L：前記第1物体から第2物体までの距離

E<sub>1</sub>：最も第1物体側のレンズ面の頂点から入射瞳まで \*

$$-0.5 < (\Sigma P_1 + \Sigma P_2) / \Sigma P_3 < -0.2 \quad (7)$$

但し、ΣP<sub>1</sub>：前記第1レンズ群のベッツパールの和

ΣP<sub>2</sub>：前記第2レンズ群のベッツパールの和

ΣP<sub>3</sub>：前記第3レンズ群のベッツパールの和

である。

【請求項4】以下の条件を満足する、請求項1、2又は3記載の投影光学系、

$$0.14 < f_1 / L < 0.25 \quad (8)$$

但し、f<sub>1</sub>：前記第2レンズ群の焦点距離である。

【請求項5】前記第3レンズ群と前記第5レンズ群とに属する各レンズの各レンズ面のパワーをφとすると、何れのレンズ面についても以下の条件を満足する、請求項1、2、3又は4記載の投影光学系、

$$|\phi \cdot L| < 6.7 \quad (9)$$

【請求項6】|β| < 1である、請求項1、2、3、4又は5記載の投影光学系、

【請求項7】前記第6レンズ群は正のパワーのレンズを6枚以上有する、請求項1、2、3、4、5又は6記載の投影光学系、

【請求項8】照明光学装置によってレチクルを照明し、該レチクル上のパターンを投影光学系によってウエハ上に転写する露光装置において、

前記投影光学系は前記レチクル側から順に、正のパワーの第1レンズ群と、正のパワーの第2レンズ群と、負のパワーの第3レンズ群と、正のパワーの第4レンズ群と、負のパワーの第5レンズ群と、正のパワーの第6レンズ群とを有し、且つ以下の各条件を満足することを特徴とする露光装置、

$$|E_1| > L \quad (1)$$

$$|E_1| > |L/\beta| \quad (2)$$

$$1.0 < b f_1 / f_2 < 1.5 \quad (3)$$

$$0.04 < |f_1 / L| < 0.06 \quad (4)$$

$$0.04 < |f_1 / L| < 0.06 \quad (5)$$

## \*の距離

E<sub>1</sub>：最も第2物体側のレンズ面の頂点から射出瞳までの距離

β：投影光学系の投影倍率

f<sub>1</sub>：前記第1レンズ群の焦点距離

b f<sub>1</sub>：前記第1レンズ群の最も第2物体側のレンズ面の頂点から第1レンズ群の後側焦点までの距離

f<sub>2</sub>：前記第3レンズ群の焦点距離

f<sub>3</sub>：前記第4レンズ群の焦点距離

10 f<sub>4</sub>：前記第5レンズ群の焦点距離

f<sub>5</sub>：前記第6レンズ群の焦点距離

である。

【請求項2】前記第1レンズ群は、逆置遠系のパワー配置であることを特徴とする請求項1記載の投影光学系。

【請求項3】以下の条件を満足する、請求項1又は2記載の投影光学系、

$$0.6 < f_1 / f_2 < 1.3 \quad (6)$$

20 但し、L：前記レチクルからウエハまでの距離

E<sub>1</sub>：最もレチクル側のレンズ面の頂点から入射瞳までの距離

E<sub>2</sub>：最もウエハ側のレンズ面の頂点から射出瞳までの距離

β：投影光学系の投影倍率

f<sub>1</sub>：前記第1レンズ群の焦点距離

b f<sub>1</sub>：前記第1レンズ群の最もウエハ側のレンズ面の頂点から第1レンズ群の後側焦点までの距離

f<sub>2</sub>：前記第3レンズ群の焦点距離

30 f<sub>3</sub>：前記第4レンズ群の焦点距離

f<sub>4</sub>：前記第5レンズ群の焦点距離

f<sub>5</sub>：前記第6レンズ群の焦点距離

である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は第1物体上のパターンを第2物体としての基板等に投影するための投影光学系に関するものであり、特に、第1物体としてレチクル（マスク）上に形成された半導体用または液晶用のパターンを、第2物体としての基板（ウエハ、プレート等）上に投影露光するのに好適な投影光学系に係わるものである。

【0002】

【従来の技術】近年、IC、LSI等の集積回路パターン転写には、主に縮小投影露光装置が用いられている。この装置に用いられる投影光学系には、昨今の集積回路の高集積化に伴い、広い露光領域と、その露光領域全体にわたってのより高い解像力が要求されている。投影光学系の解 力の向上については、露光波長をより短くする 50 か、あるいは投影光学系の開口数（NA）を大きくす

ることが考えられる。露光波長の短波長化に関しては、現在光源として主に使われている水銀ランプの紫外域スペクトルのg線(436nm)やi線(365nm)に代わって、次世代に向けてKrFエキシマレーザー(248nm)やArFエキシマレーザー(193nm)などが注目されている。そして、以上の各種の露光波長の光によって、レチクル上のパターンをウエハ上に投影露光するための投影光学系が提案されている。

【0003】広い露光領域を達成するためには、投影光学系に起因する像面湾曲の補正が欠かせず、その必要条件としてベッツバル和を十分に小さくしなければならぬ。しかし、現実的な露光装置全体の大きさの制約などから、投影光学系全体の全長(物像間距離)が制限されるので、解像力の向上に関するNAを大きくするとき、ベッツバル和の補正と広い露光領域全体でのコマ収差等の他の収差の補正との両立は容易ではない。

【0004】また、前記項目と共に像歪みの低減が重要である。ここでいう歪みとは、投影光学系によるディストーション(歪曲収差)の他に、重ね合わせ露光時の投影倍率誤差を含む。投影倍率誤差を低減させるため、一般にこれらの投影光学系では、像面であるウエハの平坦度や回路パターン転写時のフォーカスエラーなど、光軸方向の誤差に起因する投影倍率の変化を無視できるように、射出瞳が真質的に無限遠にあるいわゆる像側テレセントリックな光学系としていることが多い。しかし今日では回路パターンの微細化が進むにつれ、物体側でのマスクの平坦度等も無視できなくなってきた。物体側、像側の両側テレセントリックな光学系が提案されている。この例としては、特開昭63-118115号、特開平4-157412号、特開平5-173065号等のものがある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】以上の各特許公報にて提案された光学系の中には、物体側、像側の両側テレセントリックな投影光学系が開示されている。しかしながら、以上の各特許公報にて提案されている両側テレセントリック投影光学系では、解像力に寄与する開口数(NA)が十分には大きくなく、さらにはベッツバル和と他の収差の補正との両立が十分にはなされていなかった。本発明は以上の問題点に鑑みてなされたものであり、入射瞳と射出瞳をほぼ無限遠に位置させるいわゆる両側テレセントリックな光学系としながらも、広い露光範囲での像面平坦性を確保するためのベッツバル和の補正と、微細なパターンを高解像に転写するための大きいNAの光束に対する諸収差の良好な補正との両立を実現させることのできる高性能な投影光学系を提供することを課題としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記の課題を達成するために、本発明に係る投影光学系は、物体側より順に、

正のパワーの第1レンズ群、正のパワーの第2レンズ群、負のパワーの第3レンズ群、正のパワーの第4レンズ群、負のパワーの第5レンズ群、及び正のパワーの第6レンズ群を少なくとも有している。そして、

L: 第1物体から第2物体までの距離(物像間距離)

E<sub>1</sub>: 最も第1物体側のレンズ面(第1レンズ面)の頂点から入射瞳までの距離

E<sub>2</sub>: 最も第2物体側(像側)のレンズ面(最終レンズ面)の頂点から射出瞳までの距離

β: 投影光学系の投影倍率

f<sub>1</sub>: 第1レンズ群の焦点距離

b f<sub>1</sub>: 第1レンズ群の最も第2物体側のレンズ面の頂点から第1レンズ群の後側(第2物体側)焦点までの距離

f<sub>2</sub>: 第3レンズ群の焦点距離

f<sub>3</sub>: 第4レンズ群の焦点距離

f<sub>4</sub>: 第5レンズ群の焦点距離

f<sub>5</sub>: 第6レンズ群の焦点距離

とするとき、

$$|E_1| > L \quad (1)$$

$$|E_1| > |L/\beta| \quad (2)$$

$$1.0 < b f_1 / f_1 < 1.5 \quad (3)$$

$$0.04 < |f_2 / L| < 0.06 \quad (4)$$

$$0.04 < |f_3 / L| < 0.06 \quad (5)$$

$$0.6 < f_4 / f_5 < 1.3 \quad (6)$$

なる各条件を満足するように構成したものである。

【0007】本発明による投影光学系では、物体側、像側の両側をほぼテレセントリックな光学系とすることによって、物体面や像面のたわみなどの光軸方向のずれによる像歪みを無視できる量にする対策がとられている。よって、光軸方向のずれによる像歪みを無視できる程度の真質的なテレセントリックな光学系とするために、上記条件(1)と(2)を満足する必要がある。条件式

(1)は入射瞳位置を規定したものである。ここでいう入射瞳位置とは、絞りASよりも第1物体側に配置された光学系による絞りASの近軸領域における像位置を、光学系の第1物体側の第1レンズ面頂点より測った距離である。条件式(1)を満足しないと、第1物体面のたわみ等による像面上での像歪みが無視できなくなる。同様に条件式(2)は射出瞳位置を規定したものである。条件式(2)を満足しないと、像面であるウエハなどの第2物体の平坦度や、回路パターン転写時のフォーカスエラーなど、光軸方向の誤差による像面上での像歪みが無視できなくなる。

【0008】また、正のパワーの第1レンズ群は第1物体側をテレセントリックな光学系に維持すると共に、ベッツバル和を補正するために、上記条件(3)を満足しなければならない。条件式(3)は、ベッツバル和を良好に補正するために、第1レンズ群の逆望遠系パワー配置の程度を規定している。条件式(3)の下限を越

えると、第1レンズ群の後側主点が第1物体に近づき過ぎてしまい、第1物体に近い位置に適切な負のパワーを配置することができず、ベッツバル和を良好に補正することが困難となる。逆に条件式(3)の上限を超えると、ベッツバル和の補正には都合が良いが、第1物体に近い位置に配置された負のパワーが相対的に強くなり過ぎてしまい、ディストーションを良好に補正できなくなってしまう。なお、下限値を1.03とし、上限値を1.40とすることにより、更に良い結果が得られる。

[0009]また、第1レンズ群は、物体側から順に負のパワー、正のパワーとなる逆望遠系のパワー配置とすることが好ましい。このような逆望遠系のパワー配置とすることで、光線が緩やかに曲げられるようになり、高次収差の発生を抑えることができる。

[0010]第1レンズ群に引き続く正のパワーの第2レンズ群は、主にディストーションを補正している。具体的には、この正のパワーの第2レンズ群によって正のディストーションを発生させて、第1レンズ群の凹面と、負のパワーの第3レンズ群によって発生する負のディストーションとをバランス良く補正している。

[0011]負のパワーの第3レンズ群と負のパワーの第5レンズ群は、主にベッツバル和を補正している。ここで、上記条件(4)と(5)を満足すると、ベッツバル和と軸上収差の良好な補正との両立が可能となり、大きいNAの光学系を達成することができる。条件式(4)の上限を超えると、第3レンズ群の負のパワーが弱くなり過ぎてしまい、ベッツバル和を良好に補正\*

$$-0.5 < (\Sigma P_1 + \Sigma P_3) / \Sigma P_2 < -0.2 \quad (7)$$

なる条件を満足することが好ましい。条件式(7)の下限を超えると、第2レンズ群によるベッツバル和の増大が、第1レンズ群と第3レンズ群と比較して相対的に無視できなくなる。この結果、第2レンズ群によるベッツバル和の増大分を相殺するために、第5レンズ群の負のパワーの負担が重くなり、第5レンズ群で発生するサジタルコマフレアを補正しきれなくなってしまう。逆に条件式(7)の上限を超えると、ベッツバル和の補正に関しては問題ないが、第1レンズ群と第3レンズ群の凹面で発生する負のディストーションと比較して、第2レンズ群の凸面による効果が相対的に弱くなり過ぎてしまい、第2レンズ群による正のディストーションの発生が不十分となる。この結果、第1レンズ群と第3レンズ群で発生する負のディストーションを良好に補正するのが困難となってしまう。

[0014]なお、各レンズ面のベッツバル和への寄与 $P_i$ とは、一般的に次式(a)で定義され、あるレンズ群の部分系ベッツバル和とは、そのレンズ群に属する各レンズの各レンズ面でのベッツバル和の寄与 $P_i$ の和をとったものである。

$$P_i = \left( \frac{1}{n_i - 1} - \frac{1}{n_i} \right) \frac{1}{r_i} \quad (a)$$

\*することができない。逆に条件式(4)の下限を超えると、第3レンズ群の負のパワーが強くなり過ぎてしまい、第3レンズ群で発生するコマ収差やディストーションを良好に補正できなくなってしまう。同様に条件式(5)の上限を超えると、第5レンズ群の負のパワーが弱くなり過ぎてしまい、ベッツバル和を良好に補正することができない。逆に条件式(5)の下限を超えると、第5レンズ群の負のパワーが強くなり過ぎてしまい、第5レンズ群で発生するサジタルコマフレアを良好に補正できなくなってしまう。

[0012]正のパワーの第4レンズ群と正のパワーの第6レンズ群は、負のパワーの第5レンズ群をそれらの間に配置して、ダブルガウス・タイプの変型を構成している。この構成をとることにより、ダブルガウスの特徴である対称性による収差相殺の長所を十分に活用することができる。上記条件(6)は、この対称性による良好な収差補正に適した第4レンズ群と第6レンズ群のパワーの比率を規定するものである。この条件式(6)の上限を超えても下限を超えても、対称性による収差相殺補正の適切な範囲から出てしまい、コマ収差やディストーションの良好な補正ができなくなってしまう。

[0013]本発明においては、

$\Sigma P_1$ : 第1レンズ群のベッツバル和

$\Sigma P_2$ : 第2レンズ群のベッツバル和

$\Sigma P_3$ : 第3レンズ群のベッツバル和

とすると、

ここで、 $r_i$ は第 $i$ レンズ面の曲率半径、 $n_i$ は第 $i$ レンズ面に続く媒質の屈折率を意味し、また、 $r_i$ が $\infty$ 即ち平面のとき、 $P_i$ は0となる。

[0015]本発明においてはまた、

$f_2$ : 第2レンズ群の焦点距離

とすると、

$$0.14 < f_2 / L < 0.25 \quad (8)$$

なる条件を満足することが好ましい。条件式(8)の上限を超えると、第2レンズ群の正のパワーが弱くなり過ぎてしまい、ディストーションを良好に補正することが困難となる。逆に条件式(8)の下限を超えると、第2レンズ群の正のパワーが強くなり過ぎてしまい、ベッツバル和を増大させると共に、高次のディストーションの発生が顕著になる。

[0016]本発明においてはまた、第3レンズ群と第5レンズ群とに属する各レンズの各レンズ面のパワーを $\phi$ とすると、何れのレンズ面についても、

$$|\phi \cdot L| < 6.7 \quad (9)$$

なる条件を満足することが好ましい。条件式(9)の範囲を超えて何れかのレンズ面のパワーが強くなり過ぎてしまうと、高次収差の発生が顕著になり、他のレンズ群で補正するのが困難となる。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を説明する。以下の各実施例は、本発明による投影光学系を露光装置に応用したものである。まず露光装置の全体構成を図1によって説明する。投影光学系PLの物体面には、所定の回路パターンが形成された投影原版としてのレチクルR（第1物体）が配置されており、投影光学系PLの像面には、基板としてのウエハW（第2物体）が配置されている。レチクルRはレチクルステージRSに保持され、ウエハWはウエハステージWSに保持されている。レチクルRの上方には、ケラー照明法によってレチクルRを均一に照明する照明光学装置ISが配置されており、また投影光学系PLは物体側にテレセントリックに構成されている。したがって投影光学系PLの開口絞りASの位置には、照明光学装置IS中の光源の像が形成される。そしてレチクルRのパターン像が、投影光学系PLによりウエハW上に露光（転写）される。いずれの実施例も、照明光学装置IS内部に配置される光源として、193.4nmの露光波長λを持つ光を供給するエキシマレーザを使用している。

【0018】図2～図8は、本発明による投影光学系の第1～第5実施例のレンズ構成図を示している。図2～図8に示す如く、各実施例の投影光学系は、第1物体としてのレチクルR側より順に、正のパワーの第1レンズ群G<sub>1</sub>と、正のパワーの第2レンズ群G<sub>2</sub>と、負のパワーの第3レンズ群G<sub>3</sub>と、正のパワーの第4レンズ群G<sub>4</sub>と、負のパワーの第5レンズ群G<sub>5</sub>と、正のパワーの第6レンズ群G<sub>6</sub>とを有し、物体側（レチクルR側）及び像側（ウエハW側）においてはほぼテレセントリックとなっており、縮小倍率を有するものである。またいずれの実施例の投影光学系も、像側のNAが0.6、投影倍率βが1/4である。ウエハW上での露光領域の直径は、第1実施例と第2実施例では26.8であり、第3～第5実施例では30.6である。

【0019】次に図2に示す第1実施例の具体的なレンズ構成について説明する。第1レンズ群G<sub>1</sub>は物体側より順に、1枚の両凹レンズL<sub>11</sub>と2枚の凸レンズL<sub>12</sub>、L<sub>13</sub>を配置することによって、逆望遠系を構成している。ここではL<sub>11</sub>を両凹レンズとすることで、負のパワーを2面に分担させて負のディストーションの発生を抑え、しかも負のパワーを十分に強くして、良好にベッツバール和を補正している。

【0020】第2レンズ群G<sub>2</sub>は物体側より順に、1枚の凸レンズL<sub>21</sub>と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL<sub>22</sub>と、凸レンズL<sub>23</sub>の3枚によって構成されている。物体高によって光束の通る部分がより異なる凸レンズL<sub>21</sub>によって、ディストーションを効果的に補正すると共に、メニスカスレンズL<sub>22</sub>の像側に向けた凹面によって条件式(7)を満足するように構成し、こうして第2レンズ群G<sub>2</sub>でのベッツバール和の増大を抑えてい

る。

【0021】第3レンズ群G<sub>3</sub>は物体側より順に、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL<sub>31</sub>、両凹レンズL<sub>32</sub>、そして物体側に凹面を向けた凸凹レンズL<sub>33</sub>の3枚のレンズにより構成されている。本第1実施例のように、ベッツバール和の補正に必要な負のパワーを少なくとも4面に分担させることが、コマ収差の発生を他のレンズ群で補正可能な量に抑えるのに好ましい。

【0022】第4レンズ群G<sub>4</sub>は物体側より順に、凸レンズL<sub>41</sub>、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL<sub>42</sub>、そして4枚の凸レンズL<sub>43</sub>、L<sub>44</sub>、L<sub>45</sub>、L<sub>46</sub>によって構成されている。負メニスカスレンズL<sub>42</sub>の物体側に向けた凹面は、第2レンズ群G<sub>2</sub>のL<sub>23</sub>の側面と同様にベッツバール和の増大を抑えており、こうして第3レンズ群G<sub>3</sub>と第5レンズ群G<sub>5</sub>でのベッツバール和補正の負担を軽減して、過度のサジタルコマフレア等の発生を防いでいる。

【0023】第5レンズ群G<sub>5</sub>は物体側より順に、像側に凹面を向けた凸凹レンズL<sub>51</sub>、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL<sub>52</sub>、両凹レンズL<sub>53</sub>、そして物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL<sub>54</sub>の4枚の凹レンズによって構成されている。なお、本第1実施例では、第5レンズ群G<sub>5</sub>内の凹レンズL<sub>51</sub>とL<sub>52</sub>の間に開口絞りASを配置している。ここで凹レンズL<sub>51</sub>の像側に向けた凹面と凹レンズL<sub>52</sub>の物体側に向けた凹面は、互いに絞りASに関して対称な向きに配置されており、こうして非点収差の発生を抑制している。しかしそれだけでは負のパワーを強くしたとき、ダブルガウス・タイプに付随する問題点であるサジタルコマフレアが十分に補正しきれない。そこで本第1実施例では、凹レンズL<sub>51</sub>とL<sub>52</sub>の向かい合う凹面の間に2枚の凹レンズL<sub>55</sub>、L<sub>56</sub>を挿入することによって、各凹面に負のパワーを分担させ、サジタルコマ収差の発生を抑え、なお且つベッツバール和を良好に補正して像面湾曲の平坦性を確保している。

【0024】第6レンズ群G<sub>6</sub>は物体側より順に、3枚の凸レンズL<sub>61</sub>、L<sub>62</sub>、L<sub>63</sub>と、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL<sub>64</sub>と、3枚の凸レンズL<sub>65</sub>、L<sub>66</sub>、L<sub>67</sub>と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL<sub>68</sub>と、2枚の凸レンズL<sub>69</sub>、L<sub>70</sub>との都合10枚のレンズによって構成されている。凹レンズL<sub>64</sub>は光束が大きく広がったところに配置され、物体側に凹面を向けたメニスカス形状とすることで、効率よく球面収差を補正している。また、凸レンズに関しては、NA0.6の光束に対して高次の球面収差やコマ収差の発生をできるだけ抑えるように、正のパワーを多数のレンズ面に分割している。本第1実施例では、第6レンズ群G<sub>6</sub>のパワーを8枚の正レンズと2枚の負レンズで構成しているが、第6レンズ群G<sub>6</sub>は少なくとも6枚の正レンズをすることが、球面収差補正上好ましい。また、凹レンズ

L<sub>12</sub>では、像側に向けた凹面によってディストーションの補正とコマ収差の補正との良好なバランスを可能としている。

【0025】次に、図3に示す第2実施例の具体的なレンズ構成は、第1実施例と類似するが、第1レンズ群G<sub>1</sub>が物体側より順に、凸レンズL<sub>11</sub>と凹レンズL<sub>12</sub>、そして2枚の凸レンズL<sub>13</sub>、L<sub>14</sub>の4枚のレンズから構成されている点で異なる。凸レンズL<sub>11</sub>と凹レンズL<sub>12</sub>では、ベッツパール和の補正を維持しつつ、高次のディストーション補正と全露光領域にわたるテレセントリック性との良好なバランスに寄与している。

【0026】図4に示す第3実施例の具体的なレンズ構成は、第1実施例と類似するが、第1レンズ群G<sub>1</sub>が物体側より順に、像側に凸面を向けたメニスカス正レンズL<sub>11</sub>と凸レンズL<sub>12</sub>との2枚の凸レンズから構成されている点で異なる。このように第1レンズ群G<sub>1</sub>の逆望遠系を構成する際に、負レンズを含まなくてもよい。すなわち物体側に向けた凹面とある程度厚いレンズ厚を持つ正メニスカスレンズL<sub>11</sub>を利用することで、条件式

(3)を満たすことができ、この結果ベッツパール和を良好に補正することができる。また第6レンズ群G<sub>6</sub>中の物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL<sub>61</sub>と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズL<sub>62</sub>との間に、4枚の凸レンズL<sub>63</sub>、L<sub>64</sub>、L<sub>65</sub>、L<sub>66</sub>を有する。すなわち先の第1実施例では、この部分に3枚の凸レンズL<sub>63</sub>、L<sub>64</sub>、L<sub>65</sub>を配置していたが、球面収差とコマ収差を良好に補正するためには、この部分に少なくとも3枚以上の凸レンズを配置することが好ましい。この第3実施例では4枚の凸レンズを配置することにより、より良好に球面収差とコマ収差を補正している。

【0027】図5に示す第4実施例の具体的なレンズ構成は、第3実施例と類似するが、第4レンズ群G<sub>4</sub>の凸レンズL<sub>41</sub>と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL<sub>42</sub>との間の距離の点で、主に異なる。このL<sub>41</sub>とL<sub>42</sub>との間隔の影響で、第4実施例では高次収差補正のバランスが他の実施例と多少異なるが、他の実施例とほぼ同様の機能を達成している。

【0028】図6に示す第5実施例の具体的なレンズ構成は、第3実施例に類似するが、第1レンズ群G<sub>1</sub>が物体側より順に、1枚の両凹レンズL<sub>11</sub>と2枚の凸レンズL<sub>12</sub>、L<sub>13</sub>との3枚から構成される点で主に異なる。第1レンズ群G<sub>1</sub>を負レンズL<sub>11</sub>を含む3枚の構成にすることによって、ベッツパール和をより積極的に補正している。また第6レンズ群G<sub>6</sub>において、物体側に凹面を向けた凹レンズL<sub>61</sub>と像側に向けた凹面を持つ凹レンズL<sub>62</sub>の間に、第3実施例と同様に4枚の凸レンズL<sub>63</sub>、L<sub>64</sub>、L<sub>65</sub>、L<sub>66</sub>を配置しているため、広い画角に対してもコマ収差の補正が可能となっている。よって広い露光領域においても像面湾曲、球面収差、コマ収差等を良好にバランス良く補正している。

【0029】以下の表1～表5に、それぞれ第1～第5実施例の諸元の値を掲げる。各表中、第1欄の数字は物体側（レチクル側）からの各レンズ面の番号、第2欄rは各レンズ面の曲率半径、第3欄dは各レンズ面の間隔、第4欄は各レンズの材質、第5欄は各レンズの属するレンズ群の番号を表す。露光波長193.4nmに対する合成石英(SiO<sub>2</sub>)と螢石(CaF<sub>2</sub>)の屈折率nは、

SiO<sub>2</sub>: n=1.56019

CaF<sub>2</sub>: n=1.50138

である。

【0030】また以下の表6に、各実施例について、前記各条件式に関連する諸値を掲げる。同表中、(7)欄の[Σ]は、条件式(7)の(ΣP<sub>i</sub>+ΣP<sub>j</sub>)/ΣP<sub>i</sub>を意味する。また(9)欄中、Sは第3レンズ群G<sub>3</sub>と第5レンズ群G<sub>5</sub>中で最大のパワーφを有するレンズ面の番号、r<sub>...</sub>はそのレンズ面の曲率半径、nはそのレンズ面を有するレンズの屈折率、|φ・L|はそのレンズ面についての値を示す。したがって最大のパワーφを有するレンズ面について条件式(9)を満たす限り、第3レンズ群G<sub>3</sub>と第5レンズ群G<sub>5</sub>に属する他のレンズ面は、当然に条件式(9)を満たすことになる。

【0031】

【表1】



	r	11 d	
0	(レチクル)	103.390978	
1	-453.18731	17.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_2$
2	870.62697	18.613089	
3	710.84358	20.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
4	-350.78200	1.000000	
5	367.53957	28.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
6	-567.47540	1.000000	
7	239.50734	29.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
8	-899.09021	1.000000	
9	199.45895	23.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_2$
10	103.61200	15.764163	
11	188.56105	25.800000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
12	-574.20881	4.242445	
13	3000.00000	16.616840	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
14	118.18165	21.782947	
15	-336.11504	15.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
16	161.39227	25.871656	
17	-120.57109	15.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_2$
18	$\infty$	33.995810	
19	-2985.44349	36.979230	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
20	-150.10550	11.683590	
21	-122.25791	28.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
22	-204.99200	1.000000	
23	$\infty$	29.240000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
24	-312.57215	1.000000	
25	963.45342	27.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
26	-843.40298	1.000000	
27	258.87450	39.000000	$\text{CaF}_2 \text{ G}_2$
28	-2967.14596	1.000000	
29	246.35328	35.600000	$\text{CaF}_2 \text{ G}_1$
30	-2970.04481	1.000000	
31	$\infty$	24.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
32	187.63171	10.667015	
33	234.15227	17.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
34	157.66180	32.582494	
35	-200.72428	15.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
36	432.89447	37.939196	
37	(開口絞り)	24.400000	
38	-175.71116	17.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
39	-2985.98357	1.000000	
40	-2963.99700	35.500000	$\text{CaF}_2 \text{ G}_1$
41	-189.63629	1.000000	

(7)

特開平10-79345

	12	
42	-3000.00000	24.400000 $\text{SiO}_2 \text{ G}_2$
43	-350.29744	1.000000
44	362.38815	46.500000 $\text{CaF}_2 \text{ G}_1$
45	-261.21567	10.870000
46	-251.97148	23.000000 $\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
47	-662.28158	1.000000
48	238.98700	38.100000 $\text{CaF}_2 \text{ G}_1$
49	1994.63265	1.000000
50	211.51178	53.400000 $\text{CaF}_2 \text{ G}_2$
51	720.00000	1.000000
52	129.92966	46.000000 $\text{CaF}_2 \text{ G}_1$
53	669.85166	2.783304
54	970.74182	19.986222 $\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
55	78.20244	6.273142
56	86.12755	32.522737 $\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
57	230.00000	2.863480
58	232.22064	44.183443 $\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
59	350.03691	19.466219
60	(ウエハ)	

20 {0032}  
[表2]

30

40

(8)

特開平10-79345

	r	d	
0	(レヂケル)	60.005623	
1	3000.00000	17.000000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
2	-1100.07562	7.000000	
3	-322.34142	17.000000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
4	370.98157	19.096933	
5	741.43231	26.000000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
6	-346.95815	1.000000	
7	378.55115	28.000000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
8	-618.11456	1.000000	
9	291.02166	29.000000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
10	-960.02967	1.000000	
11	213.50227	23.000000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
12	102.07483	15.012850	
13	181.74774	25.800000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
14	-533.56896	1.000000	
15	2713.39259	16.616840	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
16	121.06433	20.547736	
17	-296.23496	15.000000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
18	161.25942	26.185487	
19	-118.38102	15.000000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
20	∞	33.872617	
21	-2834.98321	36.973230	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
22	-146.43648	11.683590	
23	-120.69431	28.000000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
24	-204.17381	1.000000	
25	∞	28.240000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
26	-312.30286	1.000000	
27	903.22838	27.000000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
28	-665.97951	1.000000	
29	260.26775	39.000000	CaF <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
30	-2965.88489	1.000000	
31	239.96626	35.600000	CaF <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
32	-3000.00000	1.000000	
33	∞	24.000000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
34	153.46692	10.823731	
35	231.12502	17.000000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
36	157.10450	32.398006	
37	-196.18116	15.000000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
38	443.35877	37.069128	
39	(開口絞り)	24.400000	
40	-173.99683	17.000000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
41	-2899.97402	1.000000	
42	-2965.55706	35.500000	CaF <sub>2</sub> G <sub>1</sub>

10

20

30

40

		d	
43	-188.48712	1.000000	
44	-3000.00000	24.400000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
45	-363.86205	1.000000	
46	361.05640	46.800000	CaF <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
47	-362.74962	10.870000	
48	-262.13935	23.000000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
49	-639.45685	1.000000	
50	247.94411	38.100000	CaF <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
51	2773.28294	1.000000	
52	215.80762	33.400000	CaF <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
53	741.85006	1.000000	
54	129.48923	46.000000	CaF <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
55	603.00127	2.812610	
56	838.71234	21.000000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
57	78.85022	5.688924	
58	86.96257	33.318579	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
59	230.00000	1.975770	
60	232.95189	44.949637	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
61	880.55917	19.468219	
62	(ウエハ)		

[0033]

[表3]

(9)

特開平10-79345

	r	15 d	
0	(レチクル)	87.942324	
1	-361.29658	74.258738	$\text{SiO}_2$ $G_1$
2	-298.15798	0.500000	
3	553.95876	25.000000	$\text{SiO}_2$ $G_1$
4	-617.71850	0.500000	
5	253.09163	25.500000	$\text{SiO}_2$ $G_2$
6	-3777.83056	0.500000	
7	190.14717	27.805896	$\text{SiO}_2$ $G_2$
8	105.42692	15.912687	
9	201.82417	20.000000	$\text{SiO}_2$ $G_2$
10	-684.55642	0.500000	
11	3000.00000	19.095104	$\text{SiO}_2$ $G_2$
12	105.84607	23.839480	
13	-337.23699	15.382167	$\text{SiO}_2$ $G_2$
14	248.69492	21.216782	
15	-133.88017	15.449042	$\text{SiO}_2$ $G_2$
16	2973.13758	47.591478	
17	-6000.00000	28.416153	$\text{SiO}_2$ $G_2$
18	-169.85758	13.500000	
19	-125.21067	33.670949	$\text{SiO}_2$ $G_2$
20	-220.03085	0.500000	
21	$\infty$	26.520978	$\text{SiO}_2$ $G_2$
22	-925.83259	0.500000	
23	736.93850	29.000000	$\text{SiO}_2$ $G_2$
24	-660.64961	0.500000	
25	866.01277	28.000000	$\text{SiO}_2$ $G_2$
26	-3481.04946	0.500000	
27	242.17825	45.121070	$\text{CaF}_2$ $G_2$
28	-6000.00000	0.500000	
29	$\infty$	34.715089	$\text{SiO}_2$ $G_2$
30	152.12354	11.669230	
31	237.82697	16.443006	$\text{SiO}_2$ $G_2$
32	164.91919	38.109146	
33	-185.64902	14.321328	$\text{SiO}_2$ $G_2$
34	559.07908	28.892063	
35	(開口絞り)	21.962360	
36	-147.25357	17.830696	$\text{SiO}_2$ $G_2$
37	$\infty$	0.500000	
38	5000.00000	32.000000	$\text{CaF}_2$ $G_2$
39	-170.72868	0.500000	
40	-930.41140	21.000000	$\text{SiO}_2$ $G_2$
41	-289.67853	0.500000	
42	403.38862	38.720623	$\text{CaF}_2$ $G_2$

		15 d	
43	-527.35327	9.017132	
44	-229.80012	21.000000	$\text{SiO}_2$ $G_2$
45	-1820.23082	0.500000	
46	835.89152	28.000000	$\text{CaF}_2$ $G_2$
47	-988.48090	0.500000	
48	327.47067	27.500000	$\text{SiO}_2$ $G_2$
49	4987.19075	0.500000	
50	253.24680	27.500000	$\text{CaF}_2$ $G_2$
51	1316.11991	0.500000	
52	132.63747	42.963984	$\text{CaF}_2$ $G_2$
53	629.46067	1.800000	
54	868.98502	35.719214	$\text{SiO}_2$ $G_2$
55	80.85963	6.365035	
56	89.09767	39.251047	$\text{CaF}_2$ $G_2$
57	355.00000	0.530420	
58	851.07153	45.822296	$\text{SiO}_2$ $G_2$
59	436.07534	14.155299	
60	(ウエハ)		

20 [0034]  
[表4]

30

40

(10)

特開平10-79345

	17	
r	d	
0 (レチクル)	86.813742	
1 -433.57842	74.268738	$\text{SiO}_2$ $G_1$
2 -831.50554	0.500000	
3 559.96288	25.000000	$\text{SiO}_2$ $G_1$
4 -583.13377	0.500000	
5 262.88205	25.500000	$\text{SiO}_2$ $G_1$
6 -2712.40287	0.500000	
7 193.77173	26.000000	$\text{SiO}_2$ $G_1$
8 107.21122	12.619545	
9 190.85163	20.000000	$\text{SiO}_2$ $G_1$
10 -580.78221	0.500000	
11 4432.98861	19.095104	$\text{SiO}_2$ $G_1$
12 109.25270	19.036007	
13 -562.52015	15.382167	$\text{SiO}_2$ $G_1$
14 124.00884	23.167680	
15 -117.90615	15.448042	$\text{SiO}_2$ $G_1$
16 5000.00000	48.718404	
17 -5000.00000	26.416183	$\text{SiO}_2$ $G_1$
18 -165.73836	31.081545	
19 -124.20414	51.468634	$\text{SiO}_2$ $G_1$
20 -203.09274	0.500000	
21 -4915.52505	26.520978	$\text{SiO}_2$ $G_1$
22 -831.56546	0.500000	
23 509.82729	28.000000	$\text{SiO}_2$ $G_1$
24 -906.29878	0.500000	
25 890.83202	28.000000	$\text{SiO}_2$ $G_1$
26 -2069.90140	0.500000	
27 246.84252	32.884285	$\text{CaF}_2$ $G_1$
28 -3200.00000	0.500000	
29 -4980.80583	46.093480	$\text{SiO}_2$ $G_1$
30 148.03902	11.668230	
31 234.61256	16.443006	$\text{SiO}_2$ $G_1$
32 153.45418	31.004839	
33 -188.95798	14.321828	$\text{SiO}_2$ $G_1$
34 500.84049	26.892063	
35 (開口絞り)	18.228745	
36 -167.99189	30.216588	$\text{SiO}_2$ $G_1$
37 5000.00000	0.500000	
38 3130.84969	32.000000	$\text{CaF}_2$ $G_1$
39 -183.11418	0.500000	
40 -1898.83868	21.000000	$\text{SiO}_2$ $G_1$
41 -530.83425	0.500000	
42 336.89688	38.720628	$\text{CaF}_2$ $G_1$

	18	
43 -378.84873	9.935852	
44 -244.09971	21.000000	$\text{SiO}_2$ $G_1$
45 -2680.44818	0.500000	
46 359.48999	28.000000	$\text{CaF}_2$ $G_1$
47 -5000.00000	0.500000	
48 391.78229	27.500000	$\text{SiO}_2$ $G_1$
49 -5000.00000	0.500000	
50 248.57500	27.500000	$\text{CaF}_2$ $G_1$
51 723.23935	0.500000	
52 123.08548	42.963984	$\text{CaF}_2$ $G_1$
53 568.02920	1.923941	
54 798.40481	21.145481	$\text{SiO}_2$ $G_1$
55 80.88243	6.865035	
56 89.63627	39.251047	$\text{CaF}_2$ $G_1$
57 -3000.00000	0.590420	
58 -4944.71373	48.500000	$\text{SiO}_2$ $G_1$
59 443.15484	18.732427	
60 (ウエハ)		

20 [0035]  
[表5]

30

40

(11)

特開平10-79345

	19	
r	d	
0 (レチクル)	88.938439	
1 -278.31968	24.324989	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
2 358.97399	14.000000	
3 630.65888	32.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
4 -279.63900	0.500000	
5 324.80109	30.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
6 -569.64601	0.500000	
7 254.51115	30.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_2$
8 -2773.63478	0.500000	
9 188.08534	26.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
10 98.24738	16.726944	
11 192.49488	23.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_2$
12 -656.35255	0.500000	
13 4619.33310	19.095104	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
14 116.41300	18.338460	
15 -1099.46346	15.832167	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
16 190.61069	26.216782	
17 -132.37758	15.448042	$\text{SiO}_2 \text{ G}_2$
18 1189.93256	57.728314	
19 -5000.00000	26.416153	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
20 -203.62120	17.048273	
21 -123.56650	26.327345	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
22 -204.21523	0.500000	
23 ∞	26.520978	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
24 -348.79464	0.500000	
25 684.04620	29.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
26 -802.24304	0.500000	
27 421.66019	28.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
28 -1123.34423	0.500000	
29 246.29006	41.457736	$\text{CaF}_2 \text{ G}_1$
30 -5000.00000	0.500000	
31 ∞	31.790371	$\text{SiO}_2 \text{ G}_2$
32 189.19296	11.689230	
33 281.83842	16.449006	$\text{SiO}_2 \text{ G}_2$
34 175.89651	28.590782	
35 -183.86521	14.321828	$\text{SiO}_2 \text{ G}_2$
36 373.19656	26.392063	
37 (開口絞り)	20.226657	
38 -151.07311	18.557276	$\text{SiO}_2 \text{ G}_2$
39 ∞	0.500000	
40 5000.00000	32.000000	$\text{CaF}_2 \text{ G}_1$
41 -182.33571	0.500000	

	20	
* 42 -1290.51915	21.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
43 -231.02763	0.500000	
44 389.15318	38.720628	$\text{CaF}_2 \text{ G}_1$
45 -263.76526	10.923296	
46 -227.45443	21.000000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
47 -1226.77666	0.500000	
48 490.61591	26.000000	$\text{CaF}_2 \text{ G}_1$
49 -1451.02787	0.500000	
50 843.24280	27.500000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
51 ∞	0.500000	
52 245.62492	27.500000	$\text{CaF}_2 \text{ G}_1$
53 1282.50070	0.500000	
54 134.57766	42.963984	$\text{CaF}_2 \text{ G}_1$
55 638.87829	3.137255	
56 951.66806	33.023520	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
57 83.44325	6.365036	
58 91.79955	39.251047	$\text{CaF}_2 \text{ G}_1$
59 355.00000	0.590420	
60 341.48270	46.500000	$\text{SiO}_2 \text{ G}_1$
61 465.17186	14.155299	
62 (ウエハ)		

[0036]

[表6]

40

\*

実施例番号	1	2	3	4	5
(1)E.	4040.2	4143.5	3221.0	3098.6	3315.9
L	1200	1200	1200	1200	1200
(2)E.	-19785.3	-21729.2	-16530.8	-16521.4	-17323.4

21						22
$\beta$	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	
$ L/\beta $	4800	4800	4800	4800	4800	
(3) $b f_1$	425.457	374.783	426.000	404.945	415.223	
$f_1$	402.204	361.596	405.169	390.801	375.243	
$b f_1/f_1$	1.058	1.036	1.051	1.036	1.107	
(4) $f_2$	-58.747	-58.282	-61.470	-61.333	-66.475	
$ f_2/L $	0.049	0.049	0.053	0.051	0.055	
(5) $f_3$	-64.565	-63.925	-58.541	-60.395	-60.039	
$ f_3/L $	0.054	0.053	0.049	0.050	0.050	
(6) $f_4$	123.634	122.810	128.751	131.647	131.280	
$f_4$	109.563	108.867	103.822	106.137	105.207	
$f_4/f_4$	0.886	0.886	0.810	0.806	0.801	
(7) $[\Sigma]$	-0.422	-0.431	-0.442	-0.453	-0.357	
(8) $f_5$	258.588	266.756	266.822	255.282	275.357	
$f_5/L$	0.215	0.222	0.222	0.213	0.229	
(9) S	14	19	8	12	14	
r...	118.18165	-118.38102	105.42692	109.25270	116.41300	
n	1.56019	1.56019	1.56019	1.56019	1.56019	
$ \phi \cdot L $	5.688	5.679	6.376	6.153	5.775	

【0037】図7～図11に、それぞれ第1～第5実施例の球面収差、非点収差、歪曲収差、及び倍率差を示す。各収差図において、NAは投影光学系の開口数、Yは像高を示す。また、非点収差図中、破線はメリジオナル像面、実線はサジタル像面を示す。各収差図より明らかなように、各実施例とも、所要のレンズ構成を取り、且つ前記各条件式を満たすことにより、良好な結像性能を有することが分かる。

【0038】なお、以上の各実施例では、193.4nmの光を供給するエキシマレーザを露光光源として用いた例を示したが、本発明はこれらの光源に限られることなく、248.4nmの光を供給するエキシマレーザ等の極紫外光源や、g線(436nm)、i線(365nm)の光を供給する水銀アークランプ、さらにはそれ以外の紫外領域の光を供給する光源を用いたものにも応用し得る。また、本実施例では露光波長のスペクトル幅が単色とみなせない場合での色収差補正を施す2種類の光学材料を用いたレンズ構成を示したが、エキシマレーザの発振波長の狭帯域化の技術が向上すれば、低コスト化の可能な単一光学材料で構成してもよいし、逆に複数種の光学材料を組み合わせて、より広いスペクトル幅の色収差を補正してスループットの向上を図ってもよい。

【0039】

【発明の効果】以上のように、本発明による投影光学系によれば、両側テレセントリックな光学系としながら、諸収差がバランス良く補正され、しかも大きな開口数を付与高解像度の投影光学系が達成できる。特に、本発明の投影光学系では、ディストーションとベウハール和が極めて良好に補正されている。従って本発明によれば、大きな開口数に対する高次のコマ収差等の補正のみなら

ず、広い露光範囲での像面平坦性の確保と像歪を非常に低減する効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による投影光学系を適用する露光装置を示す概略図である。

【図2】本発明による第1実施例のレンズ構成図である。

【図3】本発明による第2実施例のレンズ構成図である。

【図4】本発明による第3実施例のレンズ構成図である。

【図5】本発明による第4実施例のレンズ構成図である。

【図6】本発明による第5実施例のレンズ構成図である。

【図7】本発明による第1実施例の諸収差図である。

【図8】本発明による第2実施例の諸収差図である。

【図9】本発明による第3実施例の諸収差図である。

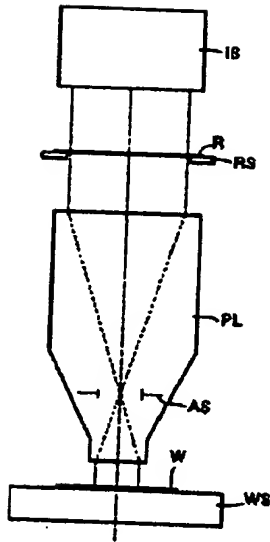
【図10】本発明による第4実施例の諸収差図である。

【図11】本発明による第5実施例の諸収差図である。

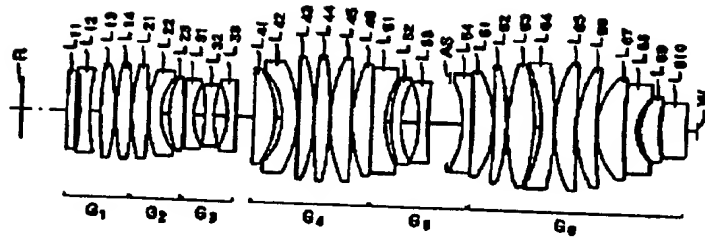
【符号の説明】

PL...投影光学系	IS...照明光学装置
R...レチクル	RS...レチクルステージ
W...ウエハ	WS...ウエハステージ
AS...開口絞り	
G <sub>1</sub> ～G <sub>5</sub> ...レンズ群	L <sub>11</sub> ～L <sub>15</sub> ...レンズ

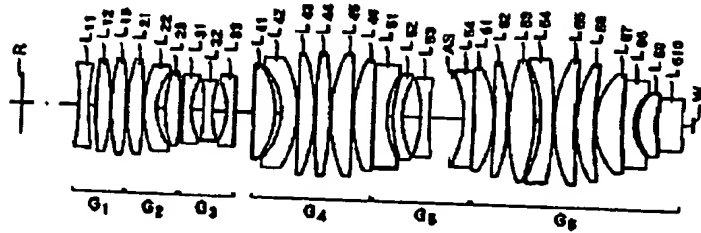
【図1】



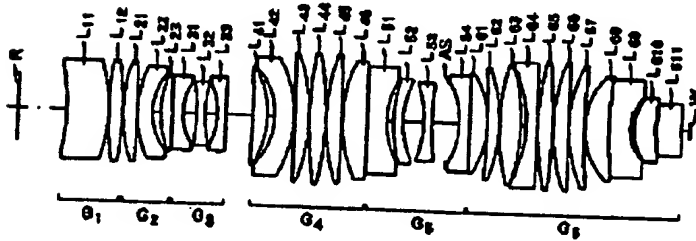
【図3】



【図2】



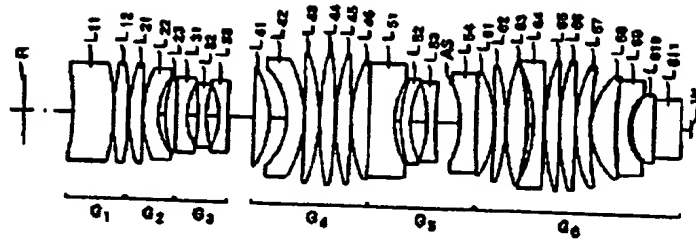
【図4】



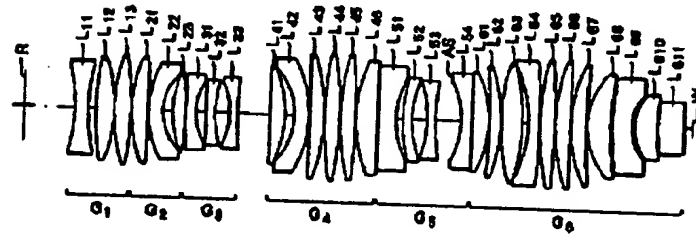
(14)

特開平10-79345

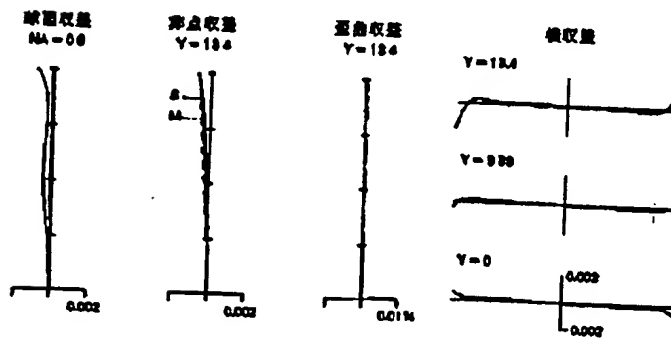
【図5】



【図6】



【図7】

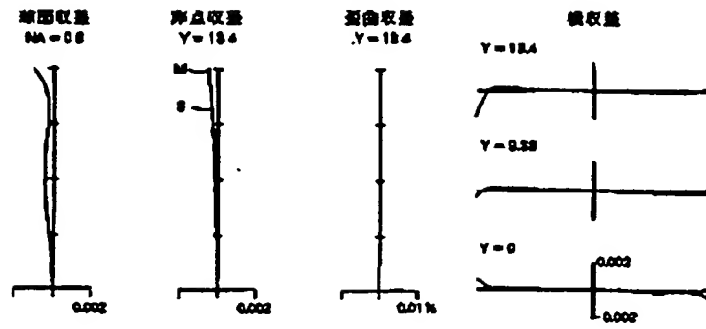




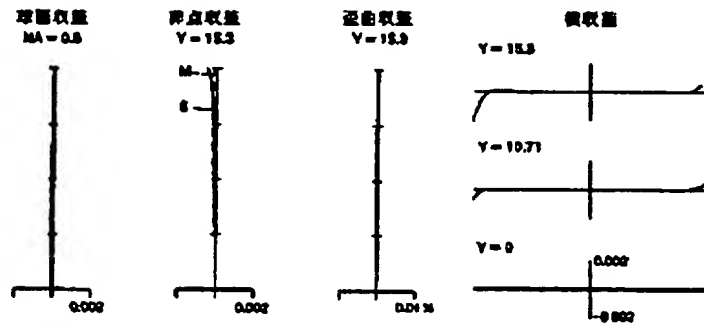
(15)

特開平10-79345

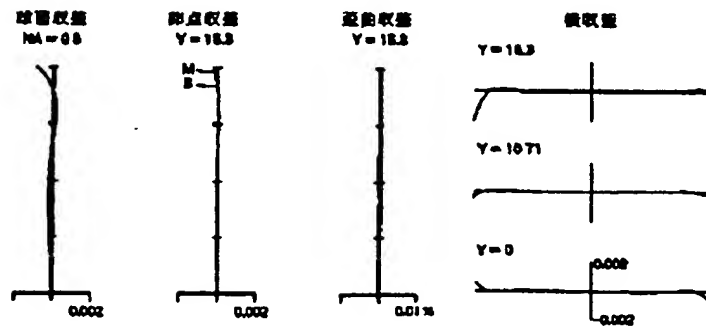
【図8】



【図9】



【図10】



(15)

特開平10-79345

【図11】

